

Antti Myllymäki

LOKA-AUTON PUMPPUKAAPIN RUNGON SUUNNITTELU

Kaiser Eur-Mark -imu- ja huuhteluautoissa yleisimmin käytettävä malli

Opinnäytetyö

CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Helmikuu 2018

TIIVISTELMÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Helmikuu 2018	Tekijä/tekijät Antti Myllymäki
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi LOKA-AUTON PUMPPUKAAPIN RUNGON SUUNNITTELU. Kaiser Eur-Mark -imu- ja huuhteluautoissa yleisimmin käytettävä malli		
Työn ohjaaja Ilkka Rasehorn/Mika Kumara		Sivumäärä 29+2
Työelämäohjaaja Magnus Karhunmaa		
<p>Tehtävänä oli suunnitella uusi runkorakenne Kaiser Eur-Markin imu- ja huuhteluajoneuvojen pumppukaappiin. Lähtökohtana kaapin sisältö ja ulkomuoto säilytettiin samana. Tärkeimpinä tavoitteina oli nopeuttaa tuotantoprosessia ja parantaa laatua.</p> <p>Uudesta runkorakenteesta laadittiin 3D -malli Solid Edge -ohjelmalla. Lisäksi pohdittiin muutosmahdollisuuksia liittyen ulkoasuun, pintakäsittelyyn ja materiaaleihin.</p> <p>Uusi runkorakenne on osa suurempaa muutosta, jossa päivitetään myös kaapin sisältöä ja ulkoasua.</p>		
Asiasanat Imu- ja huuhteluajoneuvo, pumppukaappi, suunnittelu		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date February 2018	Author Antti Myllymäki
Degree programme Mechanical Engineering and Production Technology		
Name of thesis DESIGNING PUMPCABINETBODY FOR ENVIRONMENTAL VEHICLE. Most commonly used model in Kaiser Eur-Mark sewer cleaning vehicles.		
Instructor Ilkka Rasehorn/Mika Kumara		Pages 29+2
Supervisor Magnus Karhunmaa		
<p>Task was to design new bodystructure for pumpcabinet used in Kaiser Eur-Mark sewer cleaning vehicles. Starting point was to hold contents and outer form same as previously. Most important goals were to speed up production process and improve quality.</p> <p>3D -model of new bodystructure was made with Solid Edge -program. Also possibilities for changes regarding in outer appearance, coating and materials were thought.</p> <p>New bodystructure is a part of a bigger change, where also cabinet's contents and outer appearance will be updated.</p>		
Keywords Sewer cleaning vehicle, pumpcabinet, designing		

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 AIEMMAN RAKENTEEEN ONGELMAT	4
2.1 Jäykkyys.....	4
2.2 Rakentamiseen kuluva aika	4
2.3 Huolto- ja korjaustyöt	5
3 PÄIVITETYLLÄ RUNKORAKENTEELLA TAVOITELTAVAT HYÖDYT	6
4 SUUNNITTELUSSA KÄYTETYT MENETELMÄT	7
5 SUUNNITTELUN VAIHEET.....	8
5.1 Materiaalien valinta	8
5.2 Rakenteen yhteispiirteet	9
5.3 Pohjan suunnittelu	10
5.4 Rakenteeseen kohdistuvien rasitusten pohdinta.....	15
5.5 Etu- ja takaseinän suunnittelu.....	18
5.6 Elementtien kokoonpano.....	22
6 RUNGON PINTAKÄSITTELY.....	25
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	26
LÄHTEET	29
LIITTEET	

KUVAT

KUVA 1. Esimerkki Kaiser Eur-Markin valmistamasta yhdistelmäajoneuvosta.....	1
KUVA 2. Esimerkki pumppukaapista sisältöineen etupellit ja katto irrotettuna.....	2
KUVA 3. Pohjaelementin putkirunko.....	10
KUVA 4. Pohjaelementin putkirunko 60x30-välipalkeilla.....	11
KUVA 5. Pohjaelementin keskiosa pelleistä taivutetuilla osilla.....	12
KUVA 6. Pohjaelementin keskiosan peltien vahvikkeet ja leikkaukset.....	12
KUVA 7. Pohjaelementti välimoduulien kanssa ylhäältä katsottuna.....	13
KUVA 8. Pohjaelementin välimoduulien vahvistukset.....	13
KUVA 9. Coxreels -huuhtelukela asennettuna.....	14
KUVA 10. Pohjaelementti turkki pellit asennettuna.....	15
KUVA 11. Vapaakappalekuva sivusta tarkasteltuna.....	16
KUVA 12. Vapaakappalekuva edestä tarkasteltuna.....	17
KUVA 13. Vapaakappalekuva ylhäältä tarkasteltuna.....	18
KUVA 14. Pumppukaapin aiempi runkorakenne.....	19
KUVA 15. Takaseinäelementti.....	21
KUVA 16. Etuseinäelementti.....	21
KUVA 17. Runko oikealta yläviistosta.....	23
KUVA 18. Runko vasemmalta alaviistosta.....	23
KUVA 19. Runko suurimpien komponenttien kanssa ilman vesipumppua.....	24

1 JOHDANTO

Kaiser Eur-Mark valmistaa asiakkaille räätälöityjä imu- ja huuhteluautoja (KUVA1). Kyseessä ei siis ole sarjatuotanto vaan ajoneuvot tehdään asiakkaiden toiveiden mukaan, jolloin niiden varusteet ja ominaisuudet vaihtelevat. Tietyt osakokonaisuudet ja varustevaihtoehdot pyritään kuitenkin pitämään mahdollisimman vakioina. Yksi näistä on pumppukaappi (KUVA 2), eli tankin etuosassa sijaitseva kaappi, joka sisältää nimensä mukaisesti vähintään imupumpun. Useimmiten kaapissa on kuitenkin myös vesipumppu. Imupumpun yhteyteen kuuluu kaappiin aina kiinteästi kaksi äänenvaimenninta, hienosuodatin sekä erotuskammio. Muita suurempia varusteita voivat olla esimerkiksi huuhteluletkurulla sekä pesupistooli ja pienemmistä mainittakoon vaikka ruuvipenkki. Luonnollisesti edellä mainittuihin komponentteihin liittyy monia muitakin osia, kuten venttiileitä ja putkia.



KUVA 1. Esimerkki Kaiser Eur-Markin valmistamasta yhdistelmäajoneuvosta



KUVA 2. Esimerkki pumppukaapista sisältöineen etupellit ja katto irrotettuna

Pumppukaappeja on loka-autoihin kolme eri vakiomallia, joista yhtä käytetään ylivoimaisesti eniten. Tämä malli jakaa myös yhteisen pohjarakenteen toisen vakiomallin kanssa. Yleisimmin käytettyyn pumppukaappiin voidaan imupumppu valita kahden eri vaihtoehdon väliltä. Vesipumpuista sinne voidaan asentaa kaikki vaihtoehdot. Itse kaapin runko-osa koostuu 5 mm teräslevystä taivutetusta pohjasta ja putkipalkista valmistetusta kehikosta. Rungon ympärillä on 1,5 mm RST-pelistä valmistetut katteet ja ovet molemmilla sivuilla. Katto- ja etupellit ovat alumiinia ja ne ovat irrotettavia. Kaappi kiinnitetään tankkiin pulttiliitoksella tankin etuosassa olevien aisojen päälle ja ylhäältä kaapin keskimmäisestä runkopalkista tankin vaippaan.

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella uusi runkorakenne yleisimmin käytettävään kaappiin. Tulevaisuudessa todennäköisesti muutetaan kaapin sisällä olevia putkistoja ja venttiileitä virtausten parantamiseksi, ja niistä onkin jo valmis suunnitelma. Opinnäytetyö kuitenkin sovittiin toteutettavaksi nykyisen sisällön mukaan ja koskemaan itse runkorakennetta. Jokaiselle komponentille ei siis tarvitse suunnitella kiinnityksiä vaan riittää, että ne mahtuvat paikoilleen uuteen rakenteeseen. Ulkokuoren

osalta sovittiin, että käytetään nykyisiä muotoja, vaikka niitäkin tulevaisuudessa mahdollisesti muutetaan. Kaapin varsinainen ulkokuori rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle, joten sen suhteen ei tehty vielä tarkempia suunnitelmia.

Kaapin rakenteeseen liittyen annettiin tehtäväksi toteuttaa pohjan rakenne putkirungolla. Kaapin kiinnitys tankkiin muutettaisiin niin, että varsinaiset kiinnityksaisat tankista voitaisiin jättää pois. Itse kiinnityksen suhteen ei sovittu muuten sen tarkemmin mitään, mutta kyseinen konstruktio kuitenkin edellyttää kaapilta jäykkää rakennetta. Yksi ongelma nykyisessä kaapin rakenteessa on, että se taipuu liian helposti. Kun kaappiin asennetaan pumpput ja muut varusteet, kaapin runko usein taipuu tankkiin kiinnitettäessä tukiaisojen antaessa periksi. Tämä saattaa johtaa mm. siihen, että ovet ja katto sopivat huonosti paikoilleen. Jäykemmän rakenteen lisäksi tavoitteena oli helpottaa kaapin rakentamista ja komponenttien asentamista sinne. Kaapin massa on sekin oleellinen asia, mutta tiedossa oli jo lähtiessä, että se väkisinikin tulee kasvamaan jonkin verran.

Merkittävimpänä lähdekirjallisuutena käytin Tekniikan taulukkokirjaa (Valtanen 2002). Kyseisestä teoksesta löytyy kattavasti tietoa liittyen materiaaleihin, niiden valintaan ja saatavuuteen. Toisena oleellisena lähteenä toimivat tehtävän antaneen yrityksen omat tiedot aiheeseen liittyen.

2 AIEMMAN RAKENTEEEN ONGELMAT

Aiemmassa pumppukaapin rungossa on useampia osa-alueita, jotka kaipaavat kehittämistä. Rakenne on ollut pitkään käytössä ja pieniä muutoksia on tapahtunut vuosien varrella, mutta perusidea on pysynyt silti samana.

2.1 Jäykkyys

Kaappi kiinnitetään tankkiin pohjasta sekä keskimmäisen pystypalkin yläosasta takaa. Tankissa on kiinni kaksi kannatinpalkkia, joiden päällä kaappi makaa. Palkit kuitenkin hieman taipuvat kaapin painosta, ja yläkiinnityksellä saadaan kaappi kiristettyä kunnolla tankkia vasten. Tämä kuitenkin aiheuttaa taipumista itse kaapin runkoon. Pystypalkkien välillä on vain vähän tukia ja nurkissa ei lainkaan, joten runko saattaa taipua korkeussuunnassa sivusta tarkasteltaessa. Yläosassa on etu- ja takareunoissa suhteellisen hennot putkipalkit. Kun keskimäinen palkki kiristetään tankkia vasten, ei voima välity tasaisesti, vaan yläpoikkipalkit usein taipuvat reilustikin. Kaappien pellitys on osittain kantavaa rakennetta, ja näin ollen rungon taipuessa tulee joskus myös ongelmia ovenkarmien kanssa niiden vääntyessä muun rungon mukana.

2.2 Rakentamiseen kuluva aika

Nykyisen kaapin rakenne on yksinkertainen ja siinä mielessä helppo ja nopea rakentaa. Käytännössä kuitenkin varsinkin pellityksiin kuluu paljon aikaa niiden muodostaessa osin kantavan rakenteen. Peltien taivutusten ja leikkausten tulee sopia tarkasti yhteen, jotta ne sopivat keskenään hyvin ja hitsaukset saadaan siisteiksi. Jigejä on vaikeaa käyttää joka paikkaan, joten rakentaminen tapahtuu paljolti kuin yksittäiskappaleita tehdessä, eli mittaa käyttäen. Näin ollen rakentaminen on hidasta ja lopputulos ei ole tasalaatuista. Komponentit asennetaan kaappiin samaan tyyliin. Suurimmille komponenteille on

vakiopaikat, mutta vain osalle on valmiit kiinnikkeet ja kiinnitysreiät. Mittanauhaa käytetään siis myös komponenttien asennuksessa, ja asentaja joutuu välillä miettimään, minne mihinkin varuste saadaan sijoitettua. Varusteita voi olla myös vaikeaa asentaa mikäli niitä tulee tavallista enemmän tai ne ovat erikoisempia kuin yleensä.

2.3 Huolto- ja korjaustyöt

Nykyisellään komponenttien sijoitus on mietitty siten, että pumpput on mahdollista irrottaa ja ottaa kaapista ulos korjausta varten irrottamatta muita suuria komponentteja. Imupumpun öljynvaihto ja rasvaukset sekä muut rutiinihuollot on helppo toteuttaa ilman purkamista. Kaapin etupellit keskellä ovat irrotettavat kuten kattopeltikin, joten sieltä kautta pääsee käsiksi kaapin sisuksiin sen ollessa paikoillaan. Mikäli putkistoja tarvitsee irrottaa, vaihtaa tiivisteitä, imuletkuja tai muuta rutiinihuoltoihin kuulumatonta, saattaa se olla hyvinkin työlästä ja hankalaa. Kaapin paikallaan ollessa voi olla vaikeaa päästä käsiksi joihinkin pultteihin, ja täten purkamiseen ja kasaamiseen kuluu paljon aikaa. Joskus saattaa myös tulla eteen tilanteita, jolloin äänenvaimentimia tai erotuskammio tarvitsee avata. Ne ovat työläitä tehtäviä kaapin yläpeltien ollessa edessä.

3 PÄIVITETYLLÄ RUNKORAKENTEELLA TAVOITELTAVAT HYÖDYT

Keskeisessä roolissa muutoksia tehtäessä on luonnollisesti kustannustehokkuus. Rungon rakentamisen yksinkertaistamisella ja komponenttien asentamisen helpottamisella säästetään työtunteja ja kustannuksia. Komponenttien asennuksen helpottuminen näkyisi osin myös huolto- ja korjaustoimenpiteiden helpottumisena.

Työtuntien ohella toinen olennainen asia on laadun parantaminen. Nykyisen runkorakenteen taipumisesta aiheutuvat ongelmat lisäävät työtunteja asennuspuolella ja tietysti näkyvät mahdollisesti lopputuloksessakin. Rakenteen pidemmälle viety standardisointi tuo mukanaan monia etuja myös kasauksen myöhemmässä vaiheessa. Esimerkiksi hydrauliletkuja ja kaapeleita voidaan tehdä valmiiksi eikä niiden reititystä tarvitse miettiä joka kerta uudelleen.

Kaapin ulkonäkökin kaipaisi nykyaikaisempaa ilmettä, mutta siihen ei varsinaisesti keskitytä tässä opinnäytetyössä muuten kuin ajatustasolla. Massan pienentyminen olisi selkeä etu, mutta se on ristiriidassa rungon pohjarakenteen muutoksen ja jäykistämisen kanssa, joten se tulisi tuskin toteutumaan.

4 SUUNNITTELUSSA KÄYTETYT MENETELMÄT

Koska alusta lähtien oli selvää, että pohjaan on tehtävä putkirunko, päätin aloittaa suunnittelun siitä. Muutenkin pohjan suunnittelu tuntui loogisimmalta tavalta aloittaa, sillä pohjaan voidaan kiinnittää useita eri komponentteja ja tavallaan koko kaappi rakentuu sen päälle.

Alkuun tutkin nykyisen pohjan komponenttien sijoittelua ja kirjasin ylös kaikkien yleisimmin asennettavien komponenttien asennuspaikat, hydrauliletkujen koot jne. Itse pohjan ulkomitat olivat tiedossa, samoin kaapin keskelle pohjaan mahdollisesti jätettävän aukon koko hydraulipumppua varten. Aukkoa tarvitaan vain erikoistapauksissa, joten sen vaatimia vahvistuksia ei tarvinnut tässä vaiheessa suunnitella. Ainoastaan palkkien sijoittelu täytyi suunnitella niin, että aukkoa tehtäessä tarvitsee pohjan standardirakennetta muuttaa mahdollisimman vähän. Nämä mitat muodostivat jo hyvän lähtökohdan suunnittelulle.

Keskustelin komponenttien sijoituksesta esiasennuksen tiiminvetäjän kanssa, joka kaappeihin asentaa varusteet. Olen myös itse ollut esiasennuksessa kokoamassa muutamaa kaappia ja huoltopuolella tekemässä huoltoja ja korjauksia kaappeihin. Olin useamman vuoden asennuspuolella asentajana ja tiiminvetäjänä, joten kaapin kiinnittäminen tankkiin ja sen jälkeen tehtävät asennukset ja ongelmat ovat itsellenikin entuudestaan tiedossa.

Itse suunnittelu tapahtui piirtämällä joitain yksinkertaisia luonnoksia käsin, ja piirsin myös vapaakappalekuvia selkiyttämään olennaisimpia kaappiin kohdistuvia voimia ja vääntöjä sen ollessa tankkiin kiinnitettynä. Varsinainen suunnittelu tapahtui 3D-CAD-ohjelma Solid Edgellä, joka on käytössä kyseisessä yrityksessä. Ohjelma oli itselleni entuudestaan tuntematon, mutta pääsin pariksi viikoksi suunnittelupuolelle töihin, jolloin sain hyvän alun ohjelman käyttöön. Ohjelma toimii Windows-ympäristössä ja sisältää mm. sovellukset osien mallinnukseen, ohutlevyysiin, kokoonpanoihin ja piirustuksiin (Solid Edge 2018). Tuona aikana aloitin tekemään tätä opinnäytetyötä, joten sain hyvän alun siihenkin. Hieman myöhemmin vuoden vaihtuessa siirryin työskentelemään suunnittelijana, joten sain päivittäin lisää harjoitusta töissään ohjelman käyttöön.

5 SUUNNITTELUN VAIHEET

Jaoin suunnittelun muutamaan eri vaiheeseen, jotta se etenisi loogisessa järjestyksessä. Samalla suunnittelun vaiheista muodostui muutama erillinen työvaihe, joihin itse kaapin rakennus voidaan jakaa.

5.1 Materiaalien valinta

Materiaalien valinnassa oli huomioitava monia eri seikkoja. Valittu materiaali on useimmiten kompromissi eri ominaisuuksien väliltä. Apunani materiaalien valinnassa käytin mm. Tekniikan taulukkokirjaa (Valtanen 2002) ja teräksien myyjien internetsivustoja (Tibnor 2018; Hartman 2018). Olennaisimpia ominaisuuksia pumppukaapin runkomateriaaleja ajatellen olivat massa sekä myötölujuus. Muita merkittäviä asioita olivat materiaalien helppo yhteenliitettävyys, pintakäsittelyn tarve, saatavuus ja luonnollisesti myös hinta.

Käytännössä rungon materiaalivaihtoehtoiksi valikoituivat alumiini ja teräkset. Alumiiniosien käytössä selkeimmät edut olisivat pieni massa ja korroosion kesto. Alumiiniseosten välillä on selkeitä eroja, joten on huomioitava yleisesti saatavilla olevien seosten soveltuvuus käyttökohteeseen. Levyissä yleinen laatu EN AW 5754 on helposti hitsattavaa ja hyvän korroosionkestävyyden ohella sillä on myös suuri lujuus väsymistä vastaan. Putkipalkeissa yleinen laatu EN AW6063 on samoin hyvä edellä mainittujen ominaisuuksien suhteen. (Valtanen 2002, 215-216; Tibnor 2018.) Omien kokemuksieni mukaan alumiinilla on kuitenkin taipumusta säröillä tärinän vaikutuksesta sekä väsyä nopeasti taivutettaessa verrattuna teräksiin. Pumput voivat aiheuttaa tärinää ja iskuja rakenteisiin, vaikka ne ovatkin kumityynyjen päällä. Tästä syystä pelkona oli, että pidemmän päälle alumiinirunko voisi väsyä ja alkaa halkeilla, joten päätin käyttää mallissani terästä kantaviin rakenteisiin.

Nykyisessä rakenteessa itse runko on valmistettu rakenneteräksestä ja peltikatteet sekä ovet ruostumattomasta teräksestä. Kaapin edessä olevat irrotettavat pellit kuten irrotettava kattokin ovat

valmistettu alumiinista. Päätin jatkaa samalla linjalla rungon osalta ja käyttää kantavissa rakenteissa materiaalina rakenneterästä sen hyvän saatavuuden ja edullisen hinnan vuoksi verrattuna ruostumattomaan teräkseen. Saatavilla olevia lujuusluokkia on käytännössä S235 ja S355. Nimitykset viittaavat materiaalin myötölujuuteen, ja lisäksi S355:n murtolujuus on suurempi. Päätin käyttää S355-lujuusluokan terästä, sillä suuremmasta lujuudesta huolimatta sen massa ei käytännössä eroa S235:sta.

Vaikka rungon ympärille tulevat katteet eivät varsinaisesti opinnäytetyöhön kuuluneetkaan, niin joitain ajatuksia tuli siihenkin liittyen materiaalien osalta. Suunnittelemassani rakenteessa varsinainen runkokehikko ulottuu myös ovenkarmeihin, joten katteisiin ei kohdistu suuria kuormituksia. Näin ollen materiaalin valinta on vapaampaa. Ajatuksena oli kompensoida rungon lisääntyntä massaa kevyemmillä katteilla. Alumiinipelti soveltuisi katteisiin joka paikkaan korroosionkestonsa puolestakin, mutta toisena vaihtoehtona mieleen tuli lasikuitu. Lasikuidulla olisi helpompaa luoda pyöreitä muotoja ja saada suurempia saumattomia osakokonaisuuksia. Nykyisessä mallissa käytettävän ruostumattoman kiillotetun pellin yhtenä huonona puolena on sen herkkä naarmuuntuminen, ja tuotannossa onkin noudatettava erityistä varovaisuutta sitä käsiteltäessä. Mikäli naarmuja tulee, on niitä työlästä ja hidasta saada häivytettyä. Käytännössä naarmujen takia usein muutoin täysin käyttökelpoisia osia joutuu vaihtoon.

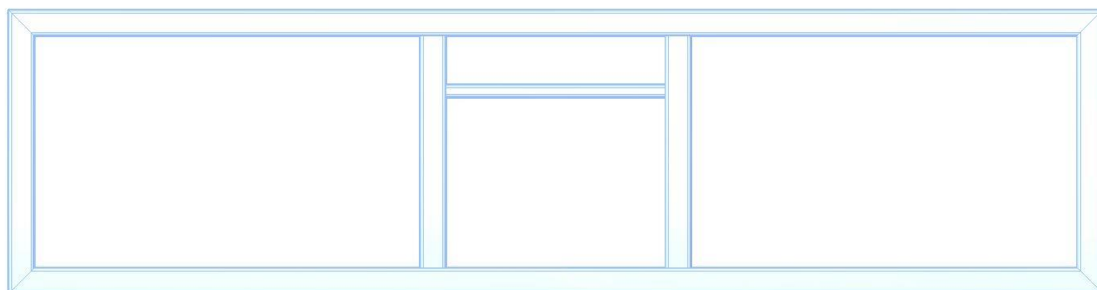
5.2 Rakenteen yhteispiirteet

Alusta alkaen minulla oli selkeä näkemys, että rungon on oltava yksinkertainen koota ja mittanauhaa tarvitsisi käyttää mahdollisimman vähän. Suunnittelemassani mallissa runko rakentuu elementeistä, jotka voidaan rakentaa pitkälle valmiiksi jigissä ennen liittämistä yhteen. Tällä tavoin varmistetaan elementtien yhdenmukaisuus, kokoonpano on yksinkertaista ja laadusta saadaan tasaisempaa. Hyvän jigin suunnitteluun täytyy tosin panostaa, mutta se maksaa itsensä takaisin pian.

5.3 Pohjan suunnittelu

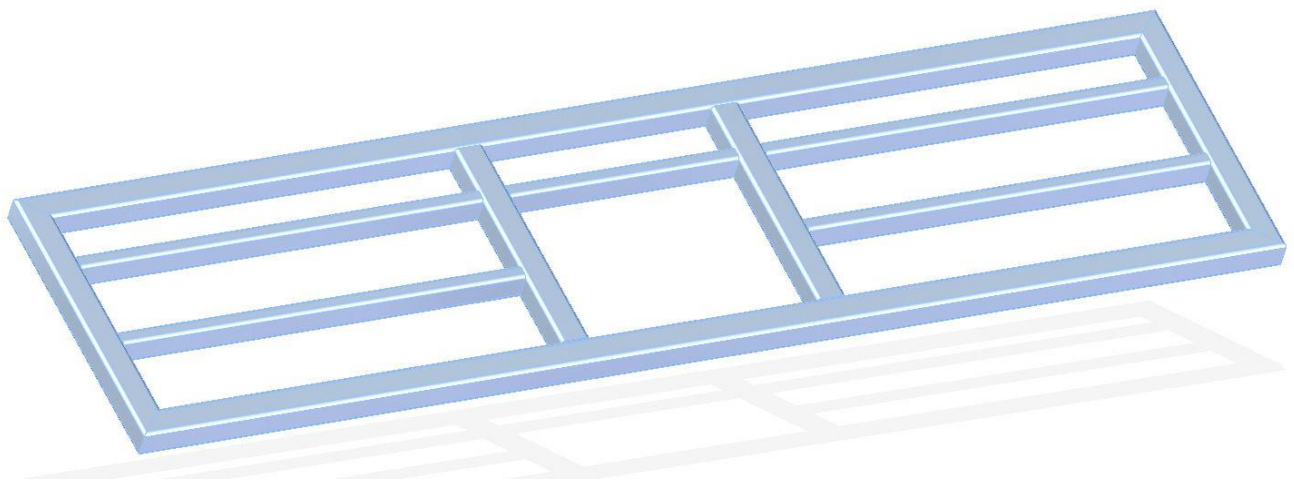
Kuten aiemmin totesin, oli projektin yksi lähtökohdista suunnitella pohjaan putkirunko. Runkoputkea valitessa oli huomioitava, ettei pohjasta tulisi liian paksu. Paksun pohjan kanssa hydraulikkaletkuille, työvaloille ja muille pienemmille komponenteille ei jäisi tilaa rungon ja kaapin väliin. Varsinainen kantavuus ei niinkään ollut määräävä tekijä vaan rakenteen taipuminen. Valitsin pohjaan ulkokehään profiiliksi 60x60x4-putkipalkin. Se muodostaa tukevan kehän jättäen kuitenkin riittävästi tilaa kaikelle. Lujuuslaskelmien sijaan tyydyin kokemusperusteiseen valintaan profiilin ulkomittojen toimiessa toisena merkittävästi ohjaavana tekijänä. Kohde ei myöskään ole sellainen, että turvallisuuden vuoksi tarvitsisi laskelmilla varmistaa riittävä lujuus. Kaapin sisään asennettavien varusteiden vaihtelu vaikeuttaisi osaltaan tarkempien laskelmien tekemistä, ja varusteiden runkojen rakennetta tukevia vaikutuksia on vaikea arvioida. En siten kokenut perustelluksi käyttää lujuuslaskentaa suunnittelun tukena, varsinkin kun minulla oli aiempaa kokemusta teräsrakentamisesta.

Pohjan keskiosaan päätin laittaa kaksi saman suuruista palkkia kaapin pituussuunnassa ja jättää niiden väliin tilaa 500mm. Tällöin pohjasta olisi tarvittaessa helpompi muokata keskeltä avoin, mikäli tarvittaisiin tilaa hydraulipumpulle. Kyseisessä tapauksessa etummaisesta poikkipalkista voisi vain katkaista keskeltä 500mm pätkän pois ja rakentaa tukikaari keskellä olevien pitkittäispalkkien päälle. Keskellä olevien pitkittäispalkkien väliin takaosaan laitoin vielä 30x60x3-palkin tukemaan rakennetta eritoten tapauksissa, joissa pohja jäisi keskeltä avoimeksi. Tämän ja takimmaisen palkin väliin jätin sen verran tilaa, että siitä mahtuu tarvittaessa viemään läpi vesitankin huohotusletkun (KUVA 3).



KUVA 3. Pohjaelementin putkirunko

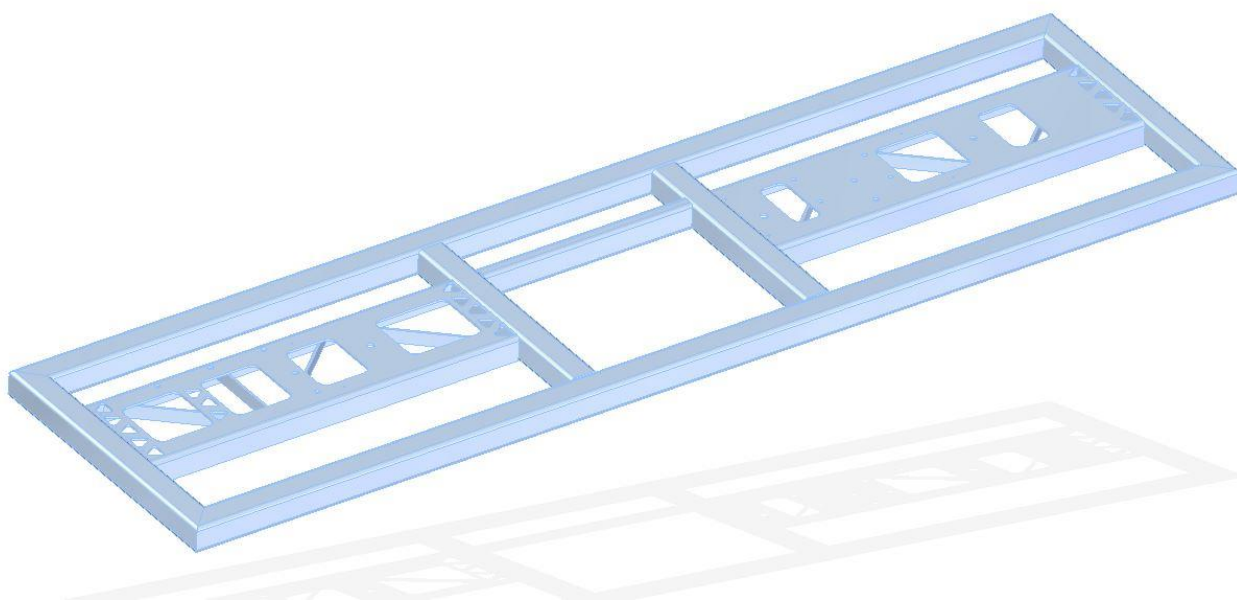
Tavallisimmin asennettavat KDU-vesipumput sovitetaan pituussuunnassa suurin piirtein keskelle pohjaa (Lindroos 2017) (LIITE 1). Alkuun suunnittelin käyttäväni 60x30x3 putkipalkkeja poikittain muodostamaan tukevan alustan vesipumppujen kiinnitykselle. Palkin profiilin korkeus olisi ollut sama kuin kehässä ja näin sen taivutusvastus olisi hyvä pienemmästä leveydestä huolimatta. Leveämpi profiili olisi vaikeuttanut läpivientien ja kiinnityksien tekemistä. Materiaalivahvuus 3mm taas tuntui kokemusten perusteella hyvältä vaihtoehdolta sen pitäessä massankin kohtalaisena. Suunnittelin eri pumppuille kiinnikkeet, jotka hitsattaisiin palkkeihin kiinni (KUVA 4). Osa kiinnikkeistä olisi tullut palkkien väliin jäykistämään samalla pohjan rakennetta. Mietin, kuinka pumpput olisi mahdollista asentaa kaappiin. Nykyisin se tapahtuu työntämällä pumppu toisesta sivusta oviaukosta sisään. Tämä asennustapa vaatii tasaisen ja kohtalaisen tukevan alustan koko pumpun alapuolelle. Mietin, olisiko mahdollista asentaa pumppu jotenkin muuten, esimerkiksi kaapin etupuolelta. Siinä tapauksessa etuseinä tulisi asentaa pumpun asentamisen jälkeen ja seinän tulisi olla ainakin osittain purettavissa. Huollon kannalta nykyinen sivusta tapahtuva asennus on helpoin, kun pumppu on mahdollista saada kaapista ulos, vaikka tankki on asennettuna autoon.



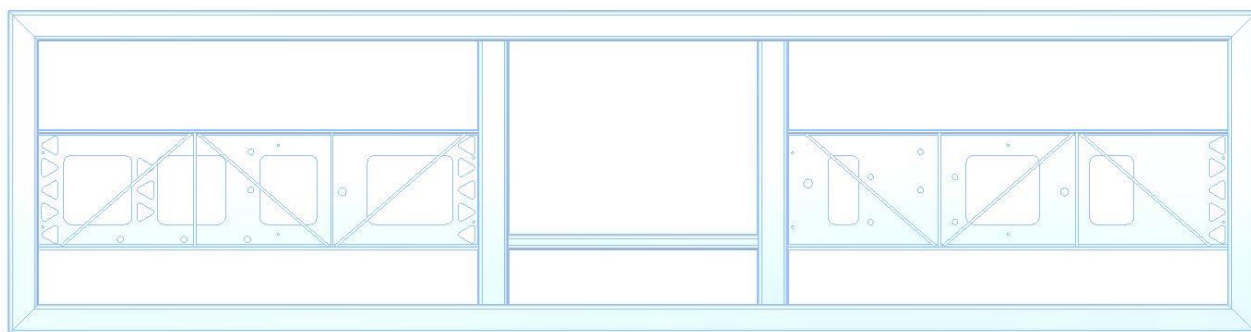
KUVA 4. Pohjaelementin putkirunko 60x30-välipalkeilla

Päätin kokeilla toista vaihtoehtoa poikkipalkkien sijaan. Suunnittelin kaksi 5 mm pelistä taivutettua keskiosaa (KUVA 5). Niihin hitsataan vielä 30x5 lattaraudasta ristikkomaisesti muutama tuki alapuolelle ja leikataan valmiiksi reiät pumppujen kiinnityspulteille sekä aukkoja kevennykseksi (KUVA 6). Kyseisellä rakenteella valmistaminen on huomattavasti yksinkertaisempaa osien määrän ollessa paljon pienempi. Ja nämä kaksi osaa muodostavat tukevan alustan pumpun liu'uttamiseen sivusta kaapin sisään, profiilin poikkileikkauksen korkeuden ollessa sama 60mm kuin kehän palkeissa.

Profiilien väliin hitsatut ristikkäistuet lisäävät osaltaan profiilin taivutusvastusta senkin vuoksi, että ne tukevat profiilin kylkiä ja estävät niitä nurjahtamasta kuormituksen alla. Kevennysreiät vastaavasti heikentävät hieman taivutusvastusta, mutta näin niiden vaikutuksen massa on oleellisempaa. Profiilien päälle asennettava peitelevy estää pumppua takertumasta kevennysreihiin liu'utettaessa se sisään.



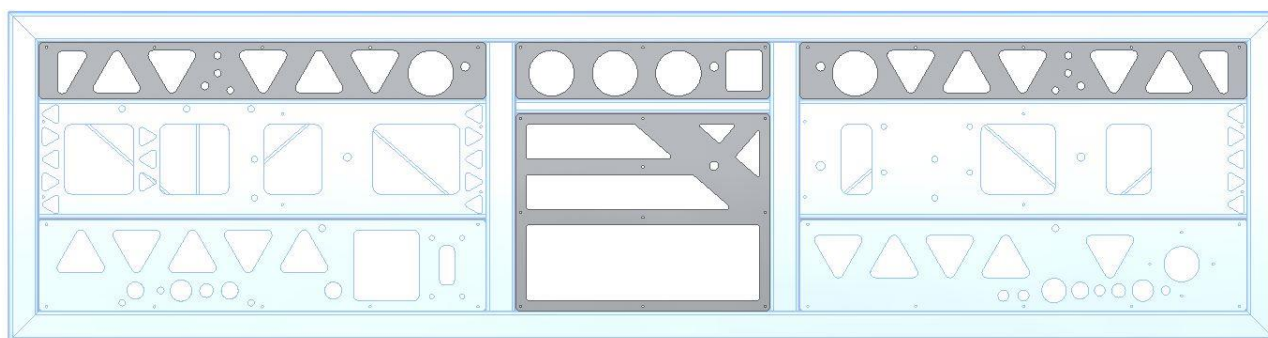
KUVA 5. Pohjaelementin keskiosa pelleistä taivutetuilla osilla



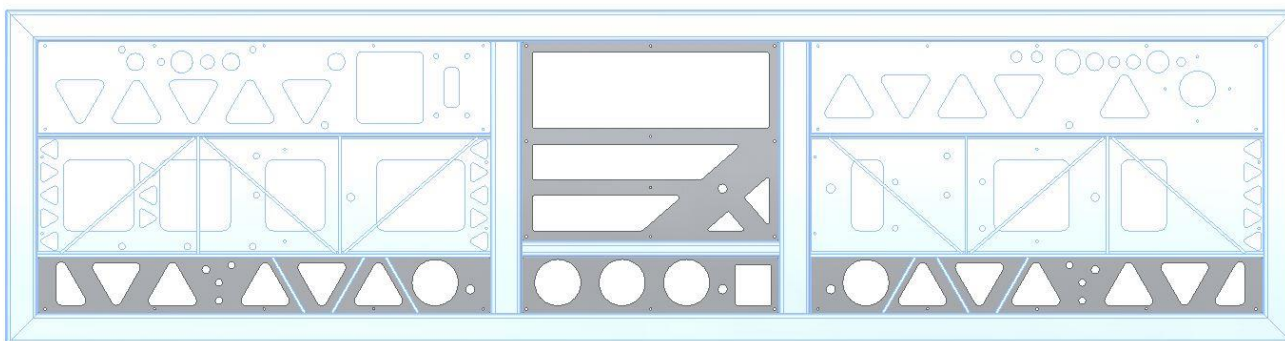
KUVA 6. Pohjaelementin keskiosan peltien vahvikkeet ja leikkaukset

Pohjan keskiosaan voidaan asentaa muut tavallisimmin käytössä olevat vesipumput, Pratissolin useampi malli sekä pieni Dynaset. Näitä varten suunnittelin niin ikään alkuun 5 mm pelistä taivutettavia

kiinnikkeitä. Osien määrä alkoi kuitenkin tuntua liian suurelta, joten jossain vaiheessa päätin suunnitella koko pohjan täytettävän muutamalla vastaavan tyyppisellä moduulilla kuin mitä KDU- pumppuja varten suunnittelin (KUVA 7). Näin osakokoonpanoja on mahdollista tehdä varastoon ja osat on helppo lataa jigissä paikalleen ja hitsata yhteen. Elementtien taivutukset ja lisävahvikkeet tekevät niistä jäykkiä (KUVA8). Yhteen hitsattuna ne muodostavat runkoputkien kanssa hyvin kiertymistä ja taipumista vastustavan kokonaisuuden.



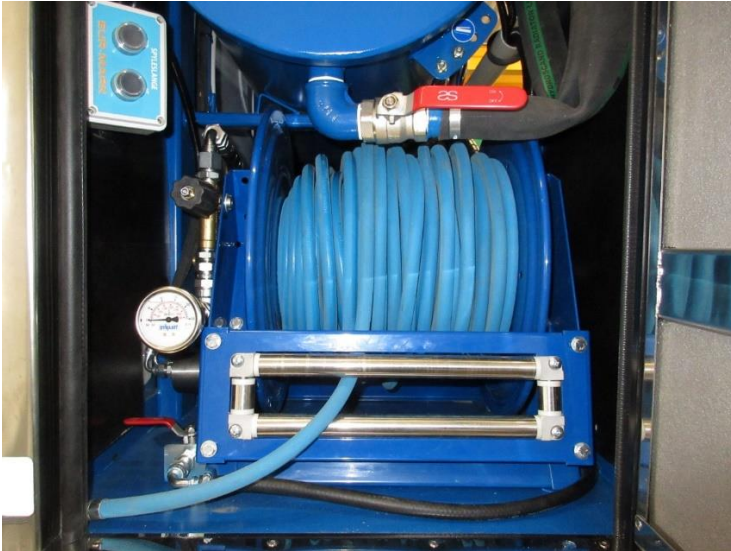
KUVA 7. Pohjaelementti välimoduulien kanssa ylhäältä katsottuna



KUVA 8. Pohjaelementin välimoduulien vahvistukset

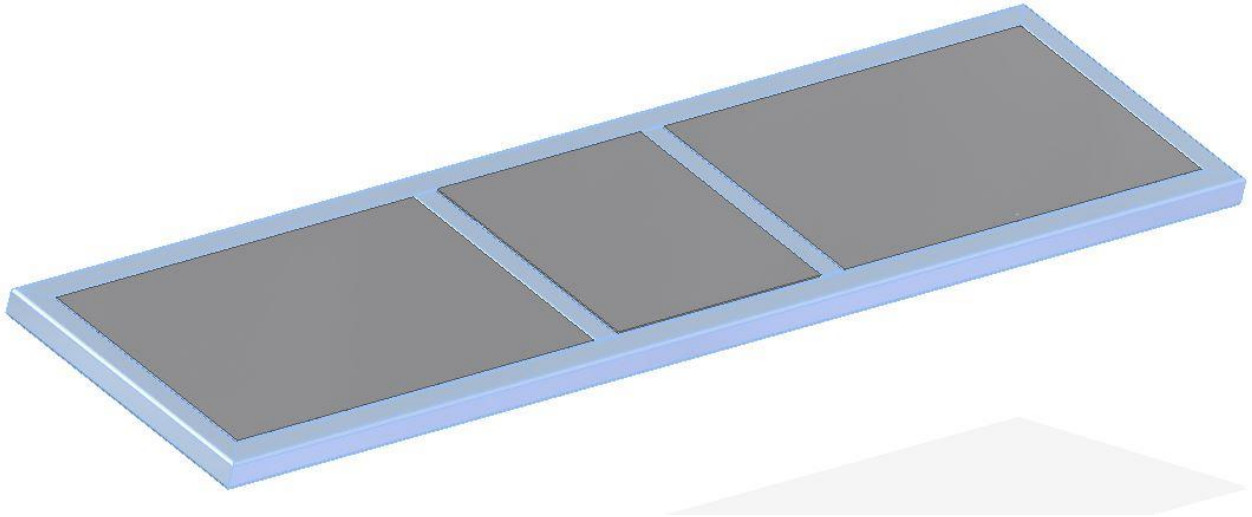
Ajatuksenani oli, että pohjasta on löydettävä valmiit paikat ja reiät kaikille tavallisimmin käytössä oleville varusteille ja liitännöille. Kaapin oikeaan sivuun on mahdollista asentaa Coxreels-huuhtelukela (KUVA 9). Takaosassa on oltava tilaa vesitankin huuhotusletkulle, jonka läpiviennin kohta vaihtelee vesipumpun ja auton mukaan. Suunnittelin muutaman eri vaihtoehdon, mistä kohdasta läpiviennin voi tehdä. Putkirungon viemän tilan vuoksi on läpivienti kuitenkin tehtävä putkella, sillä letkulle ei jäänyt

tilaa. Läpivientiin käytettävä putki voidaan tehdä suorasta putkesta, johon hitsataan vain pari korvaketta kiinnittämistä varten. Kaapin etuosasta pohjan läpi viedään hydraulikkaletkut pumpuille ja niille suunnittelin paikat jokaista eri pumppua varten (LIITE 1). Autoissa, joissa ei ole kippiä, lämmitysletkut tuodaan sisään pohjan etupäästä. Sijoitin niiden läpivientipaikat hydraulikkaläpivientien viereen.



KUVA 9. Coxreels -huuhtelukela asennettuna

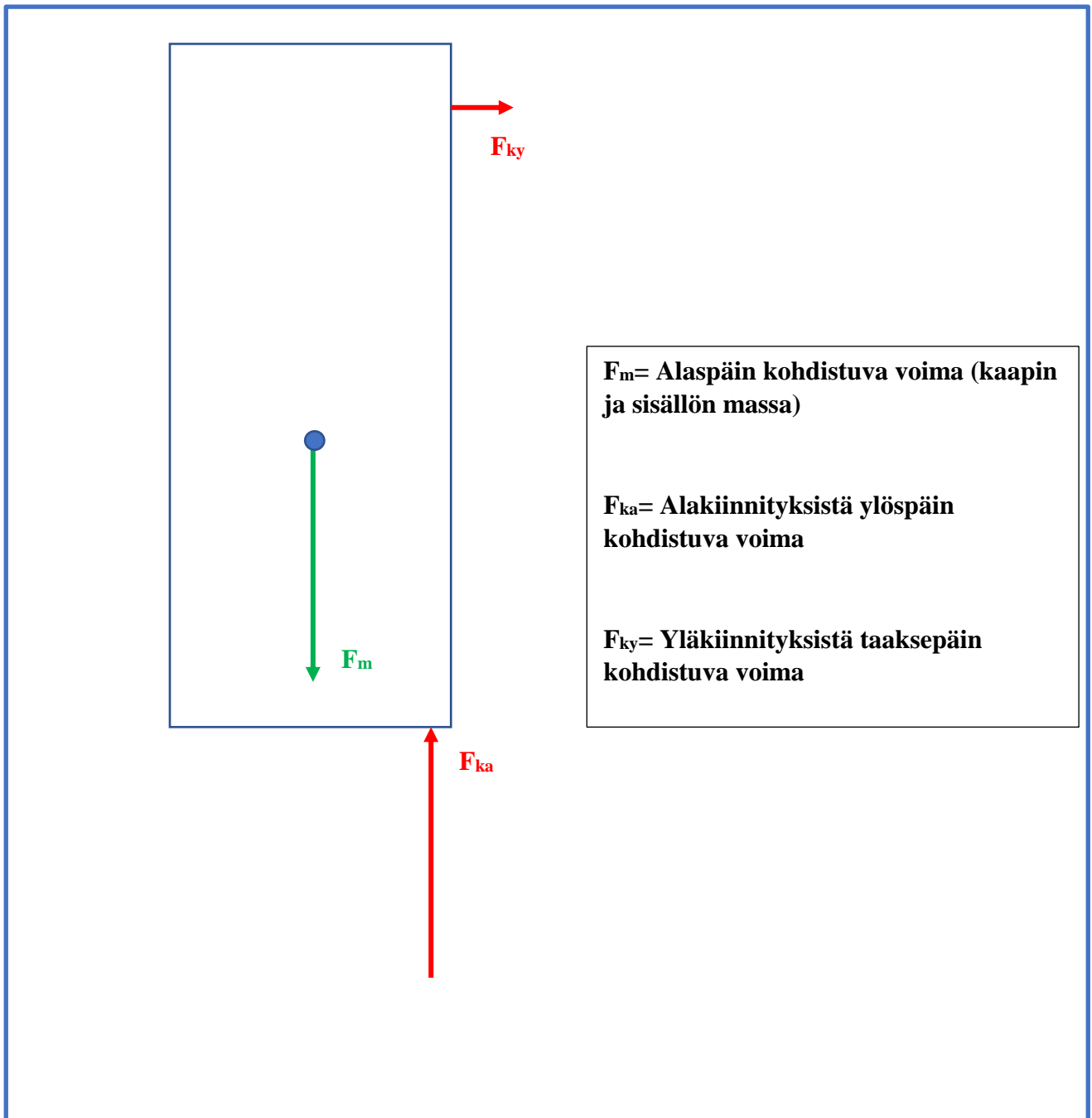
Pumppukaappi on lämpö- ja äänieristetty. Imupumppu tuottaa käydessään paljon lämpöä, mutta kaapissa on myös lämpöpatteri suojaamassa jäätymiseltä. Pohjan on siis oltava umpinainen eristyissyistäkin. Lisäksi vuodot ovat mahdollisia, jolloin on hyvä, etteivät nesteet pääse valumaan ulos kaapista. Näin vuoto myös havaitaan paremmin. Umpinaisen pohjan kanssa voidaan kaappia käyttää tavaroiden säilytystilana, mikäli ylimääräistä tilaa jää. Suunnittelin, että pohjaan niitataan kolme kappaletta 3 mm turkkialumiinipellistä tehtyä peitelevyä (KUVA 10). Se on kevyttä, kohtalaisen tukevaa, helppoa työstää ja turkkikuvion ansiosta naarmut eivät paljoa erotu. Peitelevyihin tehdään vain kyseisessä kokoonpanossa tarvittavat reiät, jotka on helppo porata varsinaisen pohjan reikiä ohjarina käyttäen. Pohjan rungon väliin hitsatut 5 mm peltiosat ovat 3 mm runkopalkkien ylätasoon alapuolella, joten turkkipellit tulevat samaan tasoon runkopalkkien kanssa. Yhtenä lisämahdollisuutena putkirungossa olisi laittaa eriste väliin ja rungon alapuolellekin peitelevy. Sen jätin toistaiseksi vain ajatusasteelle, koska se jää varsinaisen työnkuvan ulkopuolelle.



KUVA 10. Pohjaelementti turkipellit asennettuna

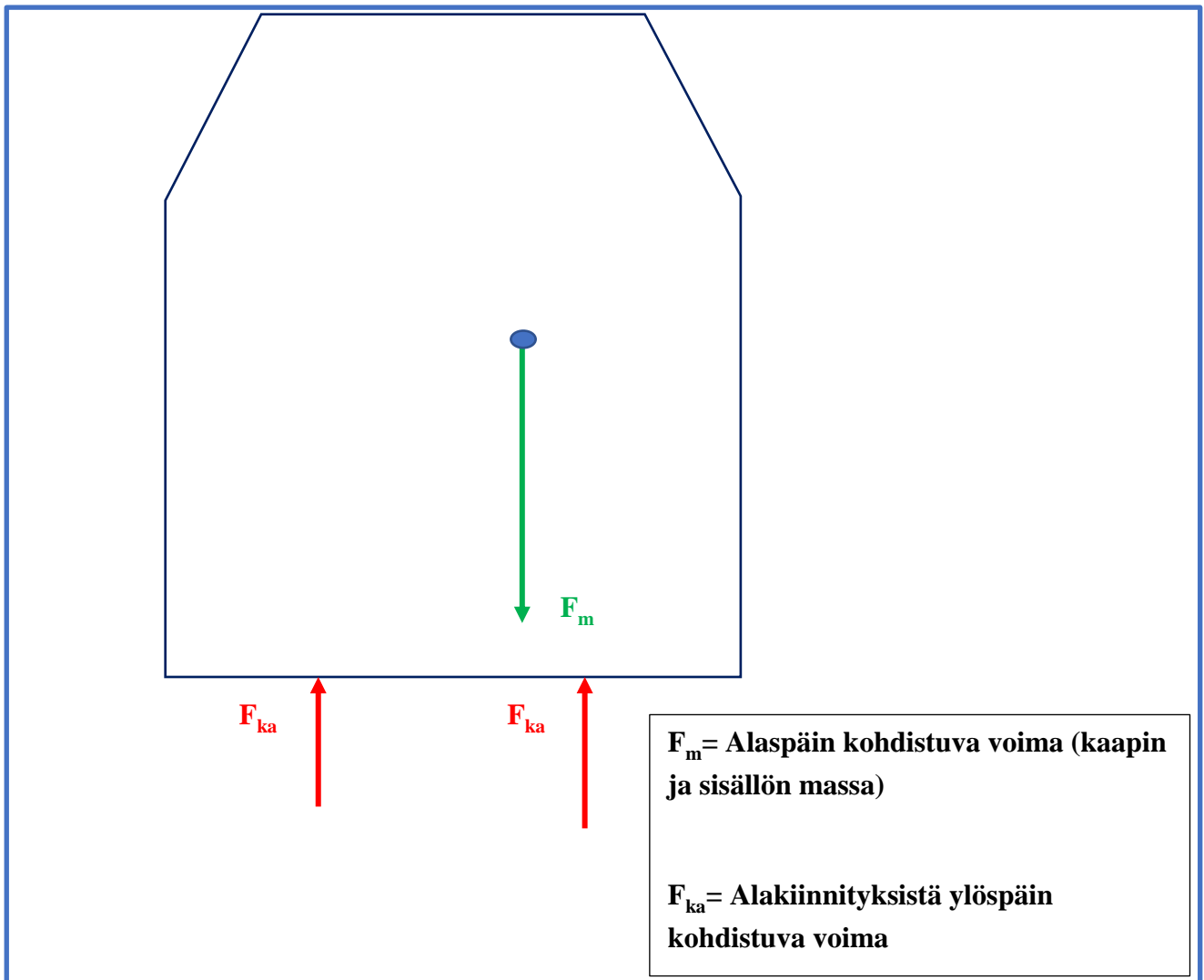
5.4 Rakenteeseen kohdistuvien rasitusten pohdinta

Pohjan valmistuttua oli seuraavana vuorossa yläosan suunnittelu. Sitä ennen päätin miettiä kaappiin kohdistuvia kuormituksia sen ollessa asennettuna tankkiin. Kuormitukset ovat painovoimasta aiheutuvia voimia. Muita ulkoisia voimia ei rakenteeseen normaalitilanteessa vaikuta. Pumppujen käydessä ja käynnistyessä toki syntyy massan hitaudesta johtuvia voimia, mutta ne eivät ole niin suuria, että niitä tulisi erityisesti huomioida rakenteen suunnittelussa. Luonnostelin muutaman vapaakappalekuvan helpottamaan kokonaiskuvan hahmottamista ja kriittisimpien pisteiden havaitsemista. Newtonin 3. lain mukaan kappaleeseen kohdistuvalle voimalle on aina olemassa yhtä suuri vastakkaiseen suuntaan vaikuttava voima (Käytännön fysiikka 2018). Tässä tapauksessa vastavoimat kohdistuvat kaapin kiinnityspisteisiin ja kaapin sisällä komponenttien kiinnityspisteisiin. Kuten kuvasta 11 voidaan havaita, tukivoima kohdistuu kaapin takareunaan ja vastakkaissuuntainen painovoima suurin piirtein keskeltä kaappia massakeskipisteestä. Koska voimat eivät kohdistu suoraan toisiaan vastakkain, aiheuttaa se rakenteeseen taivutuskuormituksen. Taivutusmomentin vastakkaissuuntaisena momenttina toimii kaapin yläkiinnityksen tukireaktion aiheuttama momentti. Tästä voidaan päätellä, että on kiinnitettävä huomiota siihen, ettei taivutuskuormitus pääse taivuttamaan kaapin etureunaa alaspäin.



KUVA 11. Vapaakappalekuva sivusta tarkasteltuna

Kuvasta 12 nähdään, että massakeskipiste ei ole keskellä kaappia. Alakiinnityksistä ylöspäin kohdistuvat tukivoimat ovat siis keskenään hieman erisuuruiset. Käytännössä ero ei kuitenkaan ole merkittävä ja kuormitus jakautuu riittävän tasaisesti. Pystypalkkeihin ei sivuttaissuunnassa kohdistu suuria kuormituksia, vaan pystysuunnassa tulevat kuormitukset muodostuvat lähinnä kaapin sisään asennettavien komponenttien massasta. Pohjan ollessa rakenteeltaan jäykkä ei ole tarpeen kiinnittää erityistä huomiota palkkien taipumiseen edestä tarkasteltaessa.

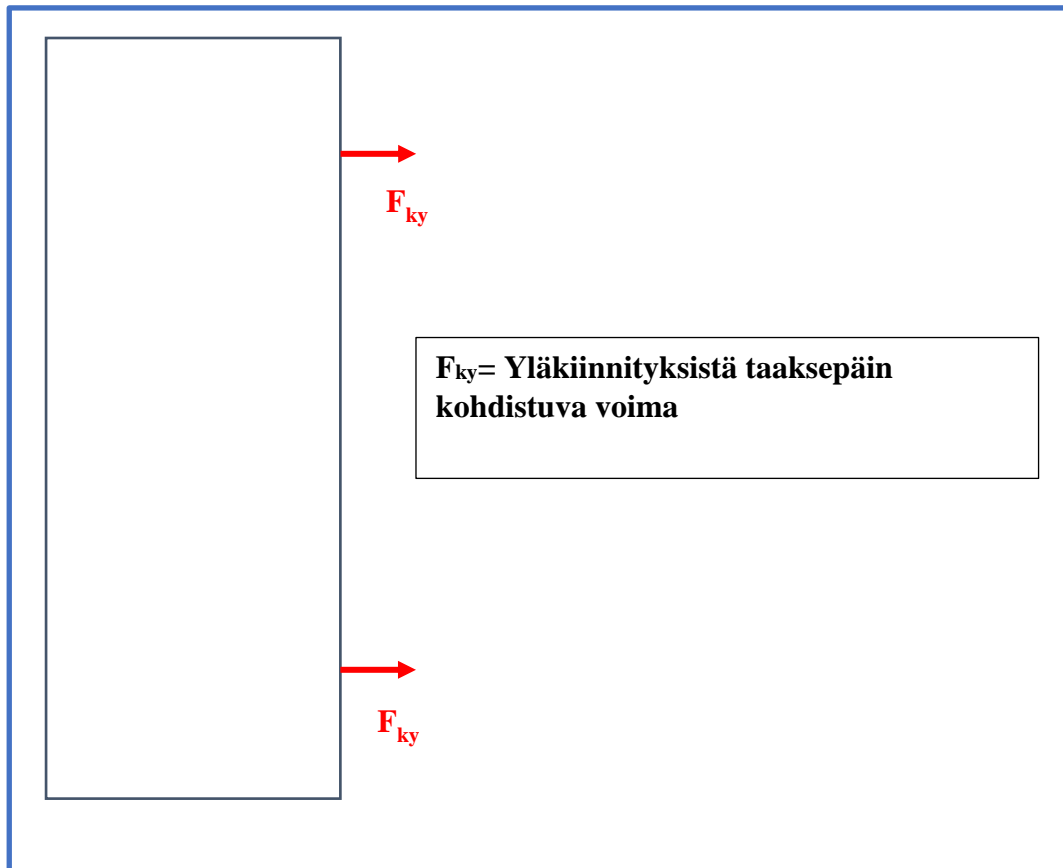


KUVA 12. Vapaakappalekuva edestä tarkasteltuna

Kaappi on nykyisin kiinnitetty ylhäältä keskimmäisestä pystypalkista tankkiin. Se taas johtaa siihen, että yläosa taipuu helposti keskeltä taaksepäin. Mallissani kiinnitys tehtäisiin ylhäältä kahdesta tai kolmesta pisteestä, jotta kuormitus jakautuisi tasaisemmin ja rakenne pysyisi suorassa (KUVA 13). Mikäli ylhäällä olevat poikkipalkit taipuvat, tulee katon sovituksen kanssa ongelmia.

Runkokehikko voisi olla suhteellisen kevytrakenteinen, mikäli olisi mahdollista käyttää kunnan ristikkäistukia. Tilanahtauden vuoksi niitä ei kuitenkaan voi kunnolla käyttää, joten on käytettävä vahvikkeita nurkissa estämään taipumista. Ovenkarmit voidaan tehdä putkipalkista ja liittää osaksi kantavaa rakennetta. Pohjan reunoihin asti ulottuva runkokehikko jakaa kuormituksen tasaisemmin ja auttaa ehkäisemään pohjan etuosan taipumista alaspäin. Olennaista palkkeja valitessa on huomioida

niiden poikkileikkauksen muoto sen vaikuttaessa taivutusmomentin aiheuttamaan taivutusjännitykseen palkissa (Mäkiranta 2012, 11). Valitettavasti tilanahtaus asettaa tässäkin rajoitteita ja pakottaa kääntämään palkkeja paikoin epäedulliseen asentoon. Tästä syystä on käytettävä paikoin vahvempia palkkeja kuin muutoin olisi tarve.

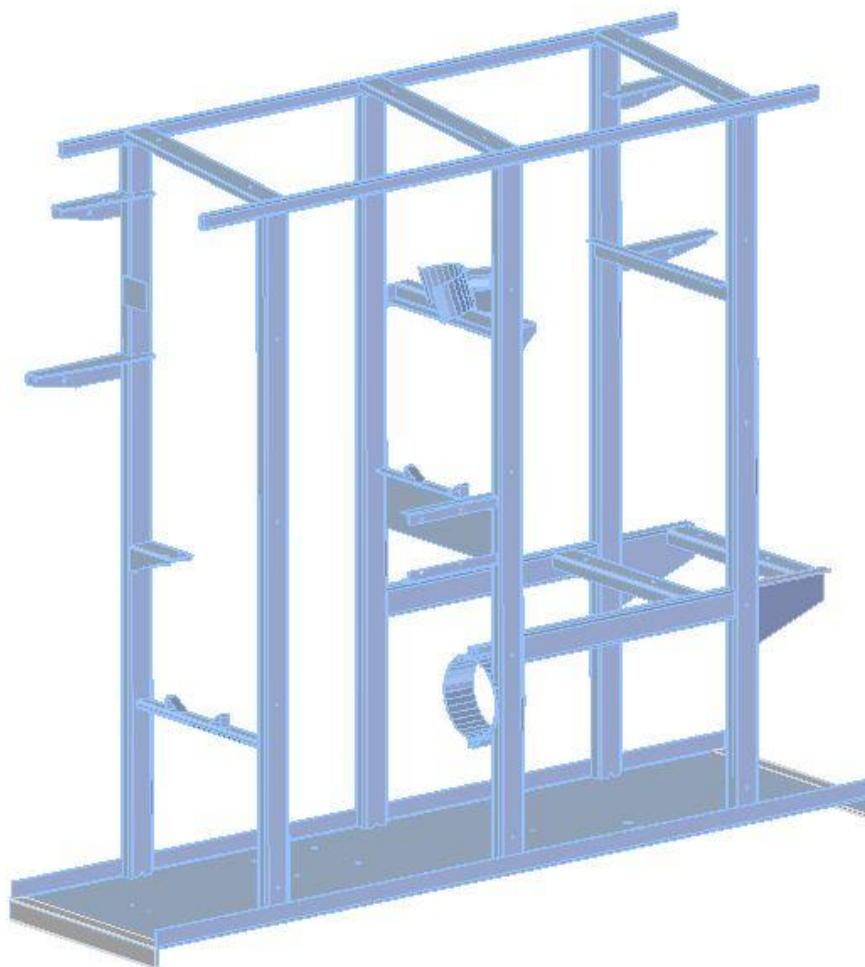


KUVA 13. Vapaakappalekuva ylhäältä tarkasteltuna

5.5 Etu- ja takaseinän suunnittelu

Pohjan yläpuolisen runkokehikon jaoin kolmeen osaan. Etu- ja takaseinään sekä nämä yhdistävään tukirakenteeseen. Seinät suunnittelin sellaiseksi, että ne voidaan rakentaa jigissä elementeiksi. Seinäelementit ovat riittävän jäykkiä pitämään muotonsa irrallisina, joten niiden liittäminen pohjaan ja toisiinsa pitäisi onnistua helposti. Aiempi rakenne seinissä koostuu kolmesta 80x40x4 pystypalkista ja niiden päälle tulevasta 20x40x3 poikkipalkista. Kahden pystypalkin välissä on poikkipalkki imupumpun

petiä varten, mutta muuten ei palkkien välisiä tukia ole, mikäli tarkastellaan seiniä elementteinä. Huomioitava on, että etuseinän keskimmaisessa pystypalkissa on iso upotus paineakun kiinnittämistä varten. (KUVA 14.) Upotus heikentää palkkia, mikäli siihen ei paineakkua ole kiinnitettynä, ja siksi suunnittelemassani mallissa ei upotusta ole.



KUVA 14. Pumppukaapin aiempi runkorakenne

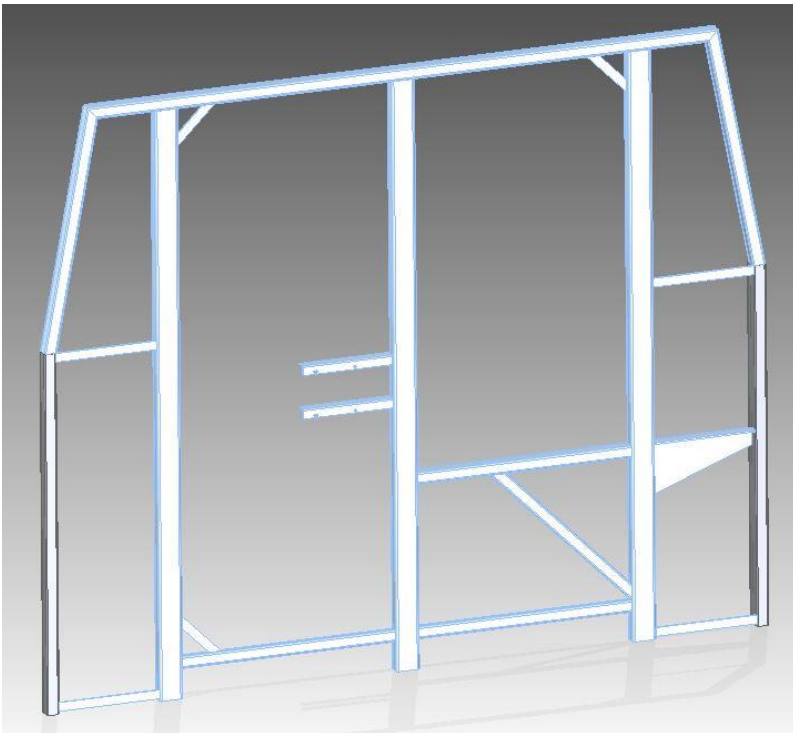
Muutamien luonnostelujen jälkeen päädyin noudattamaan seinissä saman tyyppistä rakennetta kuin nykyisessä mallissa ja lähinnä parantelemaan niitä. Pystypalkeiksi valitsin saman 80x40x4-putkipalkin, sillä siinä on suuri taivutusvastus suhteessa massaansa. Tälle vaihtoehtona oli 100x40x3-putkipalkki, joka olisi ollut vielä hieman kevyempää ja jäykempää. (Valtanen 2002, 142.) Haittapuolina olivat sen suurempi tilantarve ja hieman liian ohut seinämävahvuus esimerkiksi kierteiden tekemiseen. Lisäksi ohuemman seinämävahvuuden kanssa kasvaa murtumien riski liitoskohdissa. Pystypalkkien päälle

tulevaksi poikkipalkiksi valitsin 40x40x3-putkipalkin. Se on oleellisesti nykyisessä mallissa olevaa vahvempi ja helppo hitsata kiinni pystypalkkeihin leveyden ollessa sama. Ovenkarmeihin valitsin 4040L-oviprofiilipalkin, joka yhdistetään 40x40x3-palkilla ylhäällä olevaan poikkipalkkiin (LIITE 2). Imupumpun pedin kiinnitystä varten valitsin 40x40x3 putken pystypalkkien väliin nykyisen 80x40x4 sijaan. Sitä vahvistamaan tuli 40x20x3-vinotuki, joka samalla jäykistää rakennetta vääntymisen suhteen korkeus- ja leveyssuunnassa.

Pystypalkkien väliin laitoin alas 40x20x3 palkit pitämään elementtiä kasassa. Jätin ne 100 mm irti pohjasta, jotta pystypalkit on helpompi hitsata pohjaan kiinni. Ovenkarmien ja pystypalkkien väliin alaosaan laitoin 30x5-lattaraudat pitämään karmin alapään paikallaan elementissä ennen sen kiinnitystä pohjaan, ja ne sijoitin 10 mm pohjan yläpuolelle hitsauksen helpottamiseksi. Pystypalkkien ylänurkkiin ja toiseen alanurkkaan laitoin samasta lattaraudasta tuet ehkäisemään vääntymistä leveys- ja korkeussuunnassa. Imupumpun petiä varten tulevat tuet pystypalkin ja ovenkarmin välissä muutin jatkumaan karmiin asti, jolloin kuormitukset jakautuvat tasaisemmin ja rakenne jäykistyy. Samoin takaseinässä olevat öljynjäähdyttimien kiinnikkeet jatkoin ulottumaan ovenkarmeista lähtevään vinoputkeen asti (KUVA 15). Etuseinään näiden tilalle laitetaan 30x5-lattaraudat tukemaan hieman ovenkarmin yläpäästä (KUVA 16).



KUVA 15. Takaseinäelementti

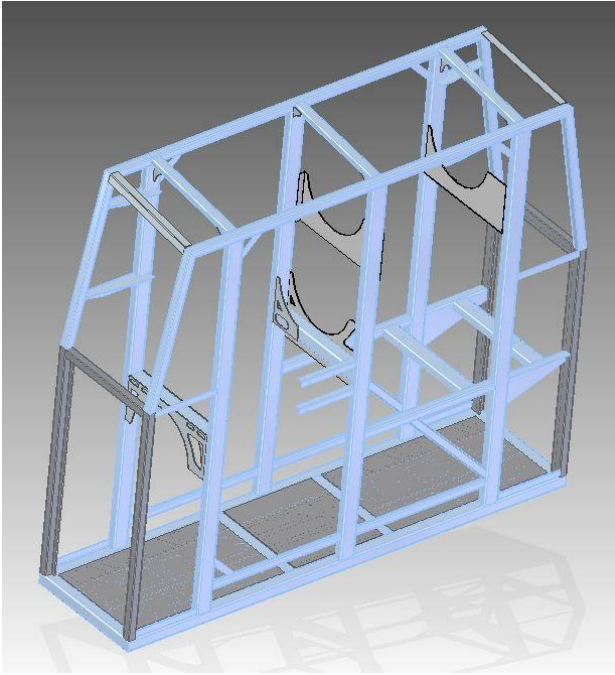


KUVA 16. Etuseinäelementti

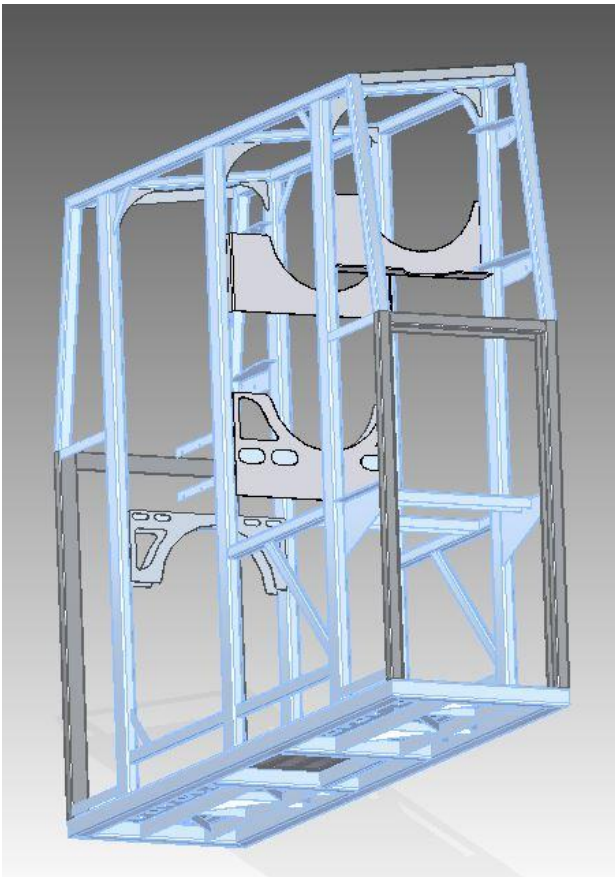
5.6 Elementtien kokoonpano

Etu- ja takaseinä hitsataan pohjan kehän runkopalkkeihin kiinni. Ylemmän äänenvaimentajan ja katon väliin jää reilu 30 mm väliä, joten yhdistetään seinien poikkipalkit 50x30x3 putkipalkeilla pystypalkkien kohdalta. Nykyisin niiden tilalla käytetään U-profiileja, jotka hitsataan poikkipalkkeina käytettyihin 20x40x3-palkkeihin. Kyseisten 50x30-palkkien nurkkiin hitsataan 5 mm pelistä valmistetut tuet. Kaapin sivusta katsottuna on mallini tältä osin oleellisesti vahvempi taipumisen suhteen verrattuna nykyiseen. Seinien yläkulmien väliin hitsataan 3 mm pelistä taivutettu kulmaprofiili. Rakenteen tukemisen ohella kulmaprofiilin tehtävänä on toimia kaapin katteiden kiinnikkeenä.

Kaapin vasemmalle puolelle tulee imupumpun kiinnitystä varten U-profiilit. Nämä hitsataan niitä varten tehtyihin kiinnikkeisiin ja palkkeihin. Ne tukevat osaltaan rakennetta vasemman puoleisen pystypalkin kohdalta. Keskimmäisten pystypalkkien väliin hitsataan 70x70x4-putkipalkki alemman äänenvaimentajan alapuolelle. Sen kylkiin hitsataan 5 mm pelistä leikatut kiinnikkeet äänenvaimenninta ja hienosuodatinkammiota varten. Samalla ne toimivat merkittävinä jäykisteinä taipumista vastaan. Oikeanpuoleisten pystypalkkien väliin hitsataan 40x70x4 putkipalkki, johon voidaan kiinnittää erotuskammio alaosastaan. Niin ikään palkin kylkiin alapuolelle hitsataan 5 mm pelistä leikatut kiinnikkeet hienosuodatinkammiota varten ja rakennetta jäykistämään. Ylempää äänenvaimenninta varten ja jäykisteeksi hitsataan vielä palkkien kahteen väliin 5 mm pelistä leikatut kiinnikkeet. (KUVAT 17 JA 18.)

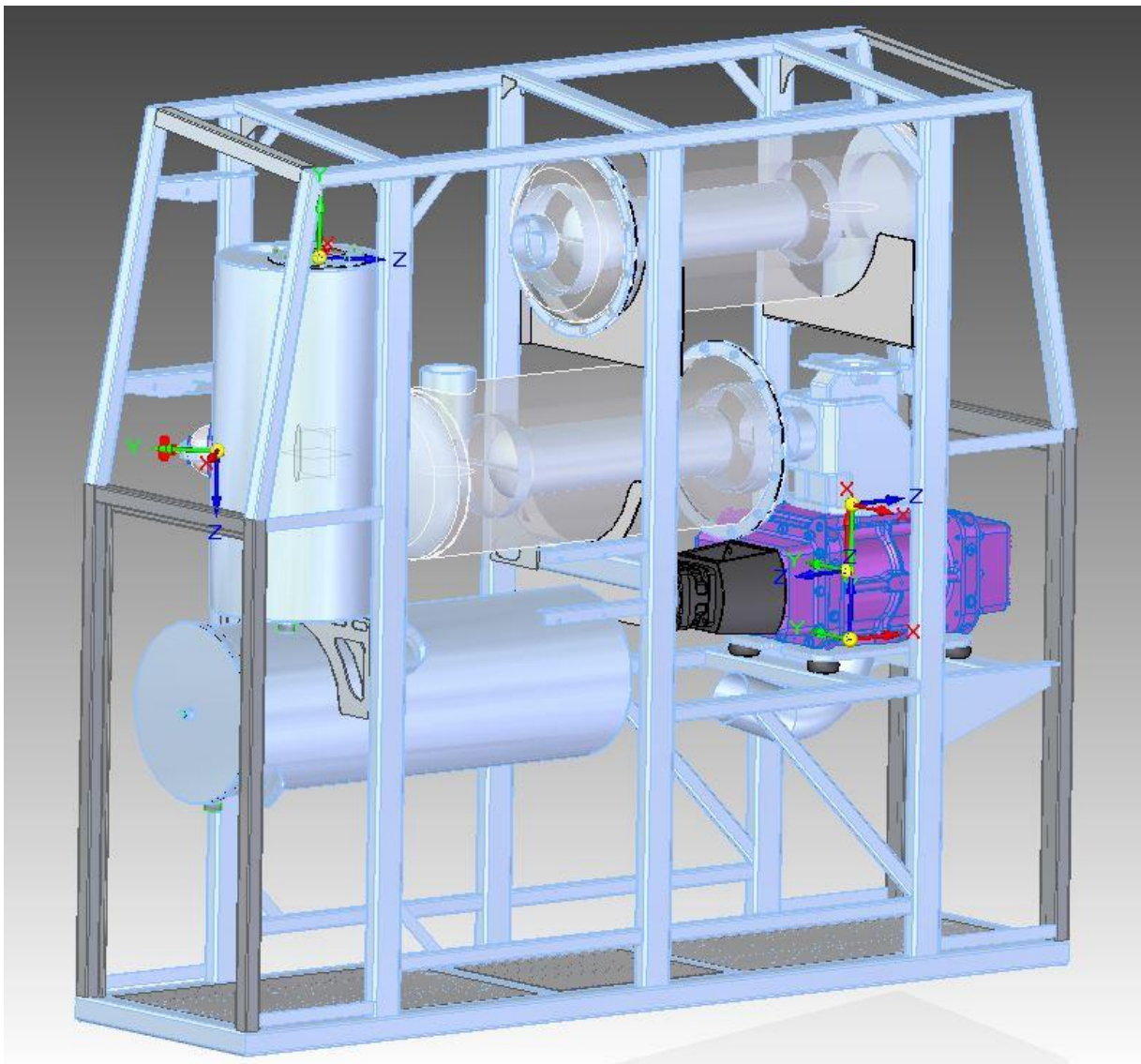


KUVA 17. Runko oikealta yläviistosta



KUVA 18. Runko vasemmalta alaviistosta

Nykyisessä mallissa äänenvaimentajat on kiinnitetty terässpannoilla runkoon. Suunnitelmassani vaimentajien kiinnitykset vaihdetaan pulttiliitoksiin, jolloin vaimentajien runkokin vielä osaltaan jäykistää runkoa. Pulttiliitoksilla kuitenkin rakenteen pieni eläminen on mahdollista, joten vaimentajan kuoren murtumisriski säilyy pienenä. Vahvikkeita ja kiinnityksiä suunnitellessa huomioin, että vaimentajat olisi mahdollista käytännössäkin suhteellisen helposti asentaa. Ainakin osaan elementtien väliin tulevien rakenteiden asentamiseen olisi mahdollista käyttää jigä ja näin helpottaa asentamista. Peltivahvikkeiden ja kiinnikkeiden geometriat pyrin suunnittelemaan niin, että ne tulevat samaan tasoon muiden pintojen kanssa. Tällöin ne on helppo hitsata oikeaan paikkaan ilman mittaamista tai jigä. Kevennysreikiä suunnitellessa oli kevennyksen ohella toinen ajatus jättää reittejä letkuille ja kaapeleille sekä saada pintoja joihin niitä on helppo kiinnittää. (KUVA 19.)



KUVA 19. Runko suurimpien komponenttien kanssa ilman vesipumppua

6 RUNGON PINTAKÄSITTELY

Nykyinen rakenne on pintakäsitelty pelkästään maalaamalla. Kaappia käytetään useasti myös säilytystilana eri tavaroille, jolloin maalipinta voi vaurioitua ja johtaa ruostevaurioiden syntymiseen. Mieleeni tuli, että rungon sinkitys olisi yksi vaihtoehto suojaksi. Kun sinkityksen päälle laitetaan vielä maali, niin korroosiosuoja ja kulutuskesto olisivat hyvällä tasolla. Ruostumattoman teräksen käyttö tavallisen rakenneteräksen sijaan olisi toinen vaihtoehto, mutta hintaero materiaalien välillä on suuri. Ja vaikka runko valmistettaisiin ruostumattomasta teräksestä, olisi se mielestäni silti aiheellista maalata. Siinä tapauksessa työvaiheita olisi silti yhtä monta kuin nykyäänkin. Maalaus olisi lähinnä esteettisistä syistä, mutta toiminnallisestikin se selkeyttää valaistusta ja helpottaa mahdollisten vuotojen, murtumien ym. vikojen havaitsemista. Markkinoilta löytyy toki muitakin erilaisia pinnoitteita varsinaisten maalien lisäksi. Esimerkiksi lähinnä lava-autoihin suunniteltu lavapinnoite Raptor suojaa hyvin kulutukselta muiden suojaavien ominaisuuksien ohella (Stirwell automaalikauppa 2018). Pintakäsittelyyn en kuitenkaan ota tämän enempää kantaa opinnäytetyössäni.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli parantaa nykyisin käytössä olevan pumppukaapin runkorakennetta. Lähtökohtana oli pohjan tekeminen putkirungolla ja ulkomuotojen säilyttäminen entisellään. Kaapin kiinnitystapa muuttuisi niin, ettei kaapin alle tulisi kannakepalkkeja, joten rungosta tuli saada jäykkä. Lisäksi sekä kaapin rakentamisen että sinne tulevien komponenttien asentamisen tulisi helpottua. Nykyiseen rakenteeseen liittyviä ongelmia oli tiedossa paljon ja niiltä osin runko kaipasi päivitystä. Suunnittelun edetessä kuitenkin osoittautui varsin haasteelliseksi parantaa rakennetta näistä selkeistä ongelmista huolimatta. Osasyynä tähän oli vaihtelevat varusteet kaapin sisällä ja tästä johtuva tilanahtaus. Huomioitavia asioita oli lukuisia, vaikka äkkiseltään tehtävä vaikutti varsin yksinkertaiselta.

Selkein muutos aiempaan nähden tuli juurikin pohjarakenteen toteuttaminen putkikehikolla ja sen sisään tulevilla pienemmillä osakokoonpanoilla. Pohja on suhteellisen yksinkertainen rakentaa jigissä valmiiksi. Myöhemmässä vaiheessa tapahtuva komponenttien asennus nopeutuu siitä löytyvien valmiiden kiinnityspaikkojen vuoksi. Pohjan rakenne on järeä verrattuna nykyiseen, mutta massa silti kohtuullinen. Pohjan osalta suunnittelu onnistui mielestäni hyvin. Yläosan osalta rakennemuutokset ovat maltilliset, enkä muuttanut rakennetta niin paljoa, kuin suunnittelua aloittaessani toivoin. Näkyvin muutos siinä on rungon jatkuminen reunoihin saakka eli ovenkarmit ovat osana runkorakennetta. Etu- ja takaseinä voidaan rakentaa elementteinä jigissä, joten rakentaminen on yksinkertaista ja laatu tasaista. Verrattuna nykyiseen ovat seinät itsessään jäykempiä, joskin rakenne hieman monimutkaisempi. Elementtien liittäminen toisiinsa on selkeää seinäpalkkien seurattessa pohjan ulkoreunoja. Seinien väliin tulevien palkkien, tukien ja kiinnikkeiden paikoituksessa on mahdollista käyttää apuvälineitä. Suuri osa vahvikkeista ja kiinnikkeistä on muotoiltu niin, että ne tulevat useita pintoja vasten, jolloin ne tulevat automaattisesti oikeille paikoilleen ilman mittaamista.

Kokonaisuutena kaappi on oleellisesti nykyistä lujempi, ja sen kiinnittäminen tankkiin ilman alle tulevia kannakepalkkeja on mahdollista. Rungon rakenne on selkeästi monimutkaisempi nykyiseen verrattuna. Se on mahdollista rakentaa elementteinä, jolloin rakentaminen on kuitenkin suhteellisen yksinkertaista. Massa on aiempaa suurempi, mutta osa sen lisääntymisestä voidaan kompensoida käyttämällä kevyempää materiaalia katteisiin. Kaapin sisälle asennettavien varusteiden asennus helpottuu jonkin

verran pohjassa olevien valmiiden kiinnityspaikkojen ja vapaamman työskentelytilan vuoksi katteiden asennuksen jäädessä myöhempään vaiheeseen. Välillisesti aikaa säästyy pohjaan asennettavien varusteiden paikkojen standardoitumisella, kun niihin liitettäviä putkistoja ja letkuja voidaan myös standardoida.

Kaapin rungon jatkamisessa lopulliseen muotoonsa tulee miettiä sen ulkomuotoa, sillä se vaikuttaa katon ja ovien rakenteeseen. Ovien osalta harkittavaa on, muuttaisiko rakenteen esimerkiksi sellaiseksi, että ovi tulee karmien päälle ja saranat jäävät piiloon. Saranoinnissa olisi hyvä olla pieni säätömahdollisuus oven sovituksen helpottamiseksi. Kaapin maalausta ja korroosiosuojausta olisi aiheutta tarkastella, mikäli niitä olisi kannattavaa muuttaa. Nykyisin ulkopinnoissa käytettävä kiillotettu RST-pelti on herkkää naarmuuntumaan ja aiheuttaa näin tuotannossa ylimääräistä vaivaa vaatiessaan varovaista käsittelyä. Lämpö- ja äänieristyksen osalta löytyy parannusmahdollisuuksia materiaalien, asennuksen sekä toimintaperiaatteen osalta. Uskon, että varsinkin äänieristystä olisi mahdollista parantaa valitsemalla materiaalit ja eristystavat niin, että ne toimivat tehokkaasti juuri imupumpun aiheuttaman melun taajuusalueella, koska se on suurin melun lähde. Nykyisessä mallissa ovat muut pinnat paitsi pohja ja tankkia vasten avoimeksi jäävä osa eristettyjä. Mallissani pohja olisi mahdollista myös eristää ja äänieristyksen kannalta saattaisi olla edullista saada myös tankkia vasten tuleva avoin osa umpinaiseksi ja eristettyä.

Kaapin rungon edetessä tuotantoon painottaisin panostamista hyvien jigien suunnitteluun ja tarkkaan toteutukseen. Niihin käytetty aika palautuu pian takaisin nopeutuneena valmistumisena ja tasalaatuisuutena. Mitä enemmän eri osien sijainteja saadaan vakioitua, sitä enemmän voidaan niihin liittyviä pienempiäkin osia vakioida. Esimerkiksi letkut ja kaapelit voidaan tehdä valmiiksi oikean mittaisiksi eikä niiden reititystä tarvitse miettiä joka kerta erikseen. Ulkomuotoa suunnitellessa tietysti tärkeintä on toimivuus, mutta merkittävää on estetiikkakin. Se, millaisen mielikuvan ulkonäkö luo, vaikuttaa myös asiakkaan saamaan mielikuvaan tuotteesta kokonaisuutena.

Tehtävä oli siinä mielessä minulle sopiva, että tunsin kohteen ja sen ongelmat läheisesti käytännössä jo entuudestaan. Lisäksi tietoa oli suhteellisen hyvin saatavilla muiltakin kyseisen kaapin kanssa tekemisissä olevilta. Toimeksiantajalta sain hyvät lähtökohdat ja alustavat ajatukset, joiden pohjalta suunnittelua saattoi lähteä viemään eteenpäin. Alkuun päästyäni se etenikin aika luontevasti, vaikkakin

muutamaan otteeseen otin takapakkia saadessani parempia ideoita suunnittelun edetessä. Teoriaa aiheeseen oli haastavaa löytää kovin paljoa pureutumatta tarpeettoman yksityiskohtaisesti asioihin. Ja suurimmaksi osaksi ratkaisut ovat perusgeometriaa sekä kokemuksiin perustuvia valintoja. Lähinnä palkkeja valitessa tuli tarkasteltua niiden ominaisuuksia ja kokonaisrakennetta miettiessä piirsin vapaakappalekuvia ja pohdin rakenteeseen kohdistuvia kuormituksia. Toimeksiantaja oli tukena projektin edetessä tarkastamalla pariin otteeseen välissä projektin etenevän haluttuun suuntaan. Lisäksi he tarjosivat minulle välineet itse suunnittelun toteuttamiseen. Kirjallisessa osuudessa onnistuin mielestäni kohtalaisen selkeästi kertomaan itse suunnittelun lopputuloksesta ja suunnitteluprosessin etenemisestä.

Haluan vielä kiittää CENTRIAN henkilökuntaa tuesta ja opetuksesta vuosien varrella sekä kevyestä painostuksesta opintojen loppuun saattamiseen. Samoin haluan kiittää työn toimeksiantajaa, työnantajaani Kaiser Eur-Mark Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tämä työ ja päästä suunnittelijaksi. Kiitos myös läheisilleni sekä työkavereilleni, jotka kannustitte ja olitte apuna projektin edetessä!

LÄHTEET

Hartman. 2018. Teräkset ja metallit. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://esales.hartman.fi/Items/terakset-ja-metallit>. Viitattu 5.1. 2018.

Käytännön fysiikka. 2018. Voiman ja vastavoiman laki. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www04.edu.fi/kaytannonfysiikka/mekaniikka_voima.asp Viitattu: 18.3.2018

Lindroos, J. 2017. Kaiser Eur-mark Oy:n esiasennuksen teamleaderin henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu. 29.11.2017.

Mäkiranta, J. 2012. Alumiinirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö. Rakennustekniikan koulutusohjelma.

Solid Edge. 2018. Solid Edge 3D-CAD-ohjelmisto. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/solid-edge>. Viitattu 5.1.2018.

Stirwell automaali kauppa. 2018. Raptor Liner pinnoite. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nettimaalikauppa.fi/RAPTOR-pinnoite>. Viitattu 15.2.2018.

Tibnor. 2018. Tibnor Webshop. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://webbshop.tibnor.se/Pages/default.aspx>. Viitattu 20.1. 2018.

Valtanen, E. 2002. Tekniikan taulukkokirja. 12.painos. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy.

Vesipumppujen paikoitusta

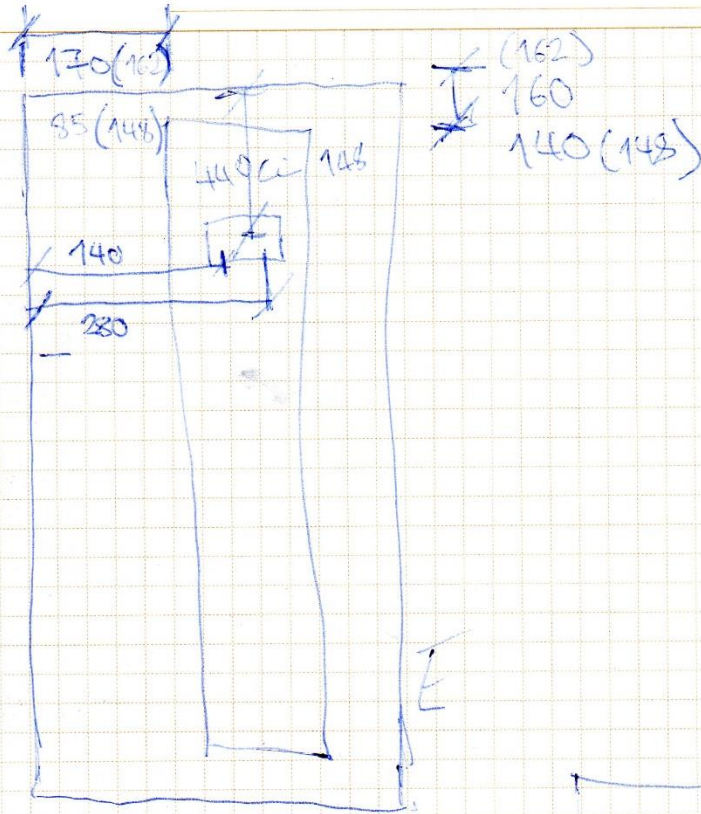


Kund - Asiakas

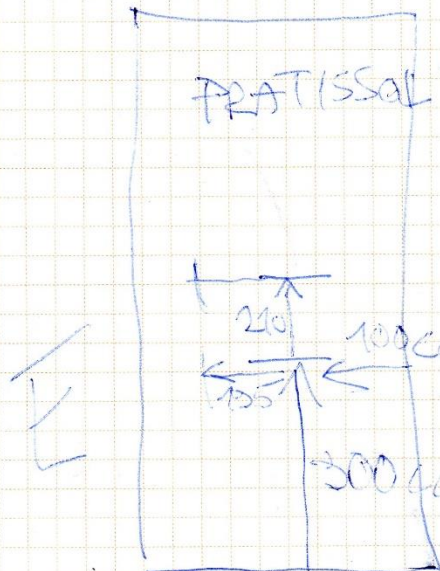
Datum - Päivämää

Projekt - Kohde

Handläggare - Laa



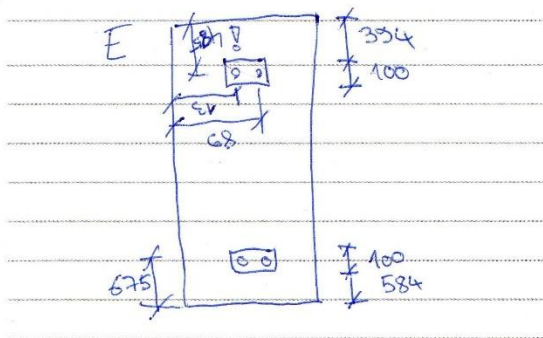
Pratissoli
kiinnitys ?
M16
162 korvat



Vesipumppujen kiinnitykset



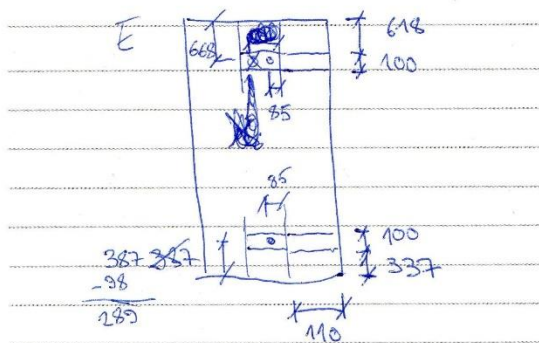
102 M10 kiinnitys



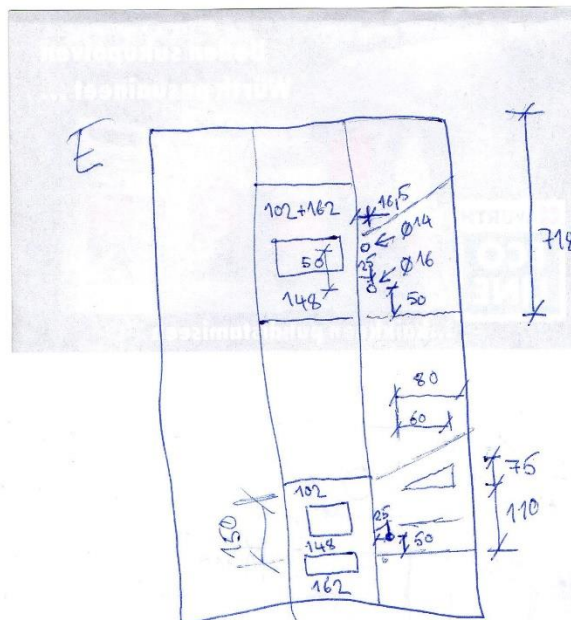
Parhaat tuotteet  Parasta palvelua



148 M14 kiinnitys



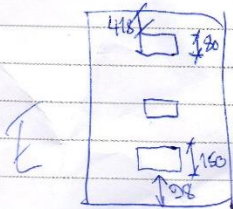
Parhaat tuotteet  Parasta palvelua



Hydrauliikan läpivientien paikoitus ja KDU 162 kiinnitys

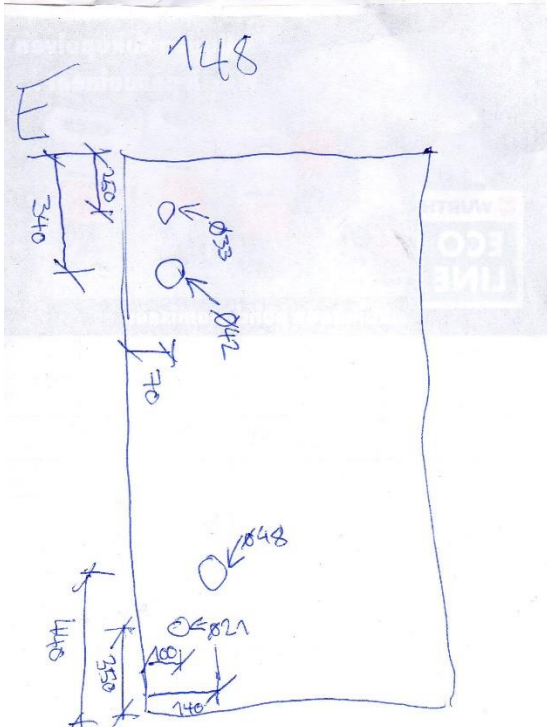


162 M12 kiinnitys
LL 271

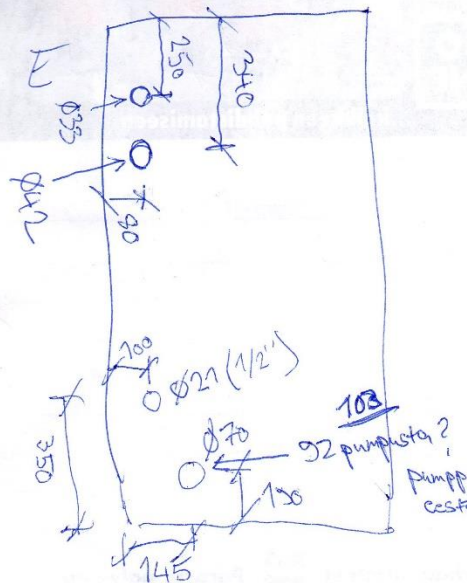


palkkien väli 178

Parhaat tuotteet  Parasta palvelua



162



Hydr.liitännät**Liittimien kierteen halkaisijat**

¼"	13mm
3/8"	17mm
½"	21mm
¾"	26,5mm
1"	33,2mm
1 ¼"	41,8mm
1 ½"	47,7mm

Hibon	Paine 1"
	Paluu 1" syylärin kautta (1 ¼")
	Vuoto ½" (Pratissolin kans ¾")

KDU 162	Paine 1 ¼"
	Paluu 1 ½"

KDU 148	Paine 1 ¼"
	Paluu 1 ½"

KDU 102	Paine 1"
	Paluu 1 ¼"

Hydr. liitännät

Pratissoli Paine $\frac{3}{4}$ "

Paluu 1"

(Vuotoöljy moottorista $\frac{3}{8}$ " yhteen Hibonin kans)

Vuotoöljy $\frac{3}{8}$ "

LS $\frac{1}{4}$ "

Dynaset Paine $\frac{1}{2}$ " isosta pöydästä

Paluu $\frac{3}{4}$ "

Letkut yläkautta

Coxreel $\frac{1}{4}$ " 2kpl

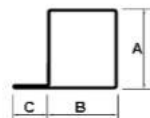
Hartmanin jälleenmyymät oviprofiilipalkit

TANG
STÄNG6641 OVIPROFIILIT
DÖRRPROFILER

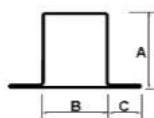
Materiaali / Material: St34 (StW22)
 Ainevahvuus / vägg tjocklek: 2mm
 Pituus / Längd: 6000 mm

KOODI / KOD	TYYPPI / TYP	A	B	C	KG / M
XS24	01230/3420L	34	20	15	2
PW08	01485/4040L	40	40	20	2,9
PW00	01565/5040L	50	40	20	3,3
PW01	01570/5050L	50	50	20	3,6
PW02	02565/5040T	50	40	20	3,9
PW03	02570/5050T	50	50	20	4,2
PW05	03570/5050Z	50	50	20	4,2
PW04	11570/5050L	50	50	20	3,7
PW12	11570/5050L	50	50	20	3,7

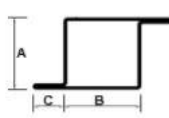
*maalattu/målad



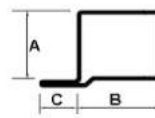
01.XXX



02.XXX



03.XXX



11.XXX